Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zur Kenntnis der Stoffwechselvorgänge bei geotropischer Reizung

(II. Mitteilung)

von

V. Grafe und **K. Linsbauer.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien, Nr. 8 der zweiten Folge.

Ausgeführt mit einer Subvention aus dem Legate Scholz.

(Vorgelegt in der Sitzung am 20. Oktober 1910.)

Gregor Kraus[1] hat bereits im Jahre 1880 die Untersuchung der Frage nach chemischen Änderungen bei geotropischer Reizung in Angriff genommen und einen Unterschied im Säure- und Zuckergehalt in den antagonistischen Flanken gereizter Stengel nachgewiesen. Diese Beobachtungen wurden jedoch nicht weiter verfolgt. Inzwischen hat die Reizphysiologie in der Hauptsache einen anderen Weg eingeschlagen; das allgemeine Interesse wandte sich mehr der Ermittlung der Gesetzmäßigkeit des Reizgeschehens zu, während kausale, physikalisch-chemische Erklärungsversuche in den Hintergrund traten. Erst Czapek[2] betrat wieder den Weg, der seit Kraus gemieden worden war, und gelangte zu den bekannten Ergebnissen, deren Bedeutung wohl fraglos wäre, wenn fernere Untersuchungen sie bestätigen könnten. Darüber gerieten die Kraus'schen Versuche fast in Vergessenheit, mit Unrecht, wie uns scheint. Die von Kraus gefundenen Differenzen blieben

[1] G. Kraus, Über die Wasserverteilung in der Pflanze. Abh. d. Naturf. Ges. zu Halle, XV, 1880.

[2] Czapek und Bertel, Oxydative Stoffwechselvorgänge bei pflanzlichen Reizreaktionen. Prsgh., XLIII und die daselbst zitierte Literatur.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zwar im luftverdünnten Raum aus, obwohl bekanntlich auch hier eine Geoperzeption stattfindet. Daraus folgt jedoch nur, daß die gefundenen Unterschiede keinen primären Effekt darstellen können. Der primäre Reizeffekt, i. e. die erste Zustandsänderung infolge der Reizwirkung, ist jedoch vielleicht überhaupt nicht chemischer, sondern physikalischer Natur und kann sich daher schon aus diesem Grunde bei O-Mangel geltend machen. Eine derartige Vorstellung liegt schon der von Loeb physiologisch begründeten Statolithenhypothese zugrunde und wurde auch von einem von uns an anderer Stelle geäußert. Daß eine derartige physikalische Änderung chemische Differenzen nach sich ziehen kann, unterliegt natürlich keinem Zweifel. Daß tatsächlich der geotropische Reizvorgang mit chemischen Änderungen verknüpft ist, erfuhr erst kürzlich durch Kanitz[1] eine weitere Bestätigung durch den Nachweis der Giltigkeit der RGT-Regel für die geotropische Präsentations- und Reaktionszeit. Zunächst kann es sich, wie uns scheint, überhaupt nur um Ermittlung solcher chemischer Differenzen handeln und von diesem Gesichtspunkt aus sind auch die Kraus'schen Untersuchungen nicht ohne Wert. Ob eine aufgefundene Differenz für die Perzeption, Reaktion oder ein anderes Glied der Reizkette verantwortlich zu machen ist, ob sie mit dieser direkt oder indirekt im Zusammenhange steht, eine Frage, die anläßlich der Czapek'schen Arbeiten wiederholt diskutiert wurde, ist zunächst von sekundärer Bedeutung und kann erst mit Sicherheit entschieden werden, wenn eine größere Zahl von Ergebnissen es gestatten wird, ein Gesamtbild der Stoffwechseländerungen während des gesamten Reizablaufes zu entwerfen. Dabei darf übrigens nicht übersehen werden, daß die sogenannten Glieder der Reizkette doch nur scheinbar wohlgetrennte Phasen des Reizprozesses darstellen; tatsächlich handelt es sich dabei aber um durch bloße Abstraktion

[1] A. Kanitz, Weitere Beiträge zur Abhängigkeit der Lebensvorgänge von der Temperatur. Zeitschr. f. physikal. Chemie, LXX, 198 (1909). Die Van t' Hoff'sche RGT- (RG = Reaktionsgeschwindigkeit, T = Temperatur) Regel, welche auch für viele Lebensvorgänge gilt, besagt bekanntlich, daß innerhalb mittlerer Temperaturen die Reaktionsgeschwindigkeit bei Steigerung der Temperatur um 10° sich verdoppelt oder verdreifacht.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

gewonnene, für die deskriptive Darstellung bequeme Begriffe, während in Wirklichkeit bei der Reizung wohl eine kontinuierliche, vielfach verzweigte und in andere Stoffwechselvorgänge eingreifende Kette chemisch-physikalischer Prozesse abläuft.

Bei den nachfolgenden Untersuchungen handelte es sich uns daher nicht nur darum, solche chemische Differenzen zwischen gereizten und ungereizten Organen aufzudecken, die etwa innerhalb der geotropischen Präsentationszeit auftreten, sondern nur um eventuelle Differenzen während der Zeit des Reizablaufes im allgemeinen, in der Erwägung, daß nicht Einzelbefunde, sondern erst die Kenntnis verschiedenartiger Stoffwechselvorgänge innerhalb dieses Zeitraumes die Basis für eine chemische Theorie des Geotropismus bieten können. Insofern sind auch negative Befunde nicht ohne Interesse, weshalb wir uns veranlaßt sehen, unsere bisherigen Untersuchungen zu veröffentlichen, obgleich unsere Bemühungen zu keinem positiven Ergebnisse führten.

Ohne G. Kraus' Versuche zu wiederholen, schlossen wir insofern an sie an, als wir die Acidität des Zellsaftes bei gereizten und ungereizten Organen — wir benützten Wurzelspitzen von Lupinen — einer vergleichenden Untersuchung unterzogen. Wir bedienten uns — da die gewöhnliche titrimetrische Methode wegen der schnellen Bräunung der Extrakte und der damit verbundenen Unsicherheit im deutlichen Erkennen des Farbenumschlages ungeeignet schien — der von Friedenthal und Salm[1] ausgearbeiteten Methode, mit verschiedenen Indikatoren den H-Ionengehalt der Lösung zu bestimmen. Auf diesem Wege Differenzen zu ermitteln, erwies sich aber bald als völlig aussichtslos; es war weder zwischen gereizten und ungereizten noch zwischen den antagonistischen Hälften gereizter Wurzeln irgendeine Differenz zu bemerken, obgleich die Farbenunterschiede schon bei äußerst geringen

[1] Zur Kenntnis der acidimetrischen und alkalimetrischen Indikatoren. Zeitschr. f. Elektrochemie, XIII, 125 (1907). — Salm, Zeitschr. f. Elektrochemie, X, 342 (1904); XII, 99 (1906). — Friedenthal, ebendas., X, 114 (1904); ders. in Abderhaldens, Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Urban & Schwarzenberg, Wien-Berlin, I, 542 (1910). — Salm, Zeitschr. f. physikal. Chemie, LVII, 471 (1906).

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Differenzen im H-Ionengehalte sehr charakteristisch sind. Nichtsdestoweniger kann jedoch das Kraus'sche Ergebnis zurecht bestehen. Unsere Methode ließ ja den Gehalt der Flüssigkeit an H-Ionen bestimmen, während Kraus eine Differenz im Gehalt an freier Säure gefunden hatte.

Aussichtsvoller erschien es zunächst, enzymatische Vorgänge in Betracht zu ziehen. Auf solche hatte bereits Czapek hingewiesen; inzwischen waren wir auch auf die umfangreichen Untersuchungen von Wolfgang Ostwald[1] aufmerksam geworden, welcher anscheinend sehr auffällige Differenzen im Peroxydase- und Katalasegehalt im Zusammenhange mit positivem und negativem Heliotropismus bei Tieren ermittelte. Wir griffen den Gedanken, diese Untersuchungen auf geotropische Pflanzenorgane zu übertragen, um so mehr auf, als es weder uns[2] noch Grottian[3] gelungen war, so ausgesprochene Differenzen in der $AgNO_3$-Reduktion aufzufinden, wie sie von Czapek angegeben worden waren.

Versuche, eine eventuelle Änderung im Peroxydasegehalte gereizter und ungereizter Organe zu ermitteln, haben wir mit Rücksicht auf den Mangel einer passenden quantitativen Methode nur in kleiner Zahl durchgeführt, um uns um so eingehender mit der Untersuchung eventueller Änderungen im Katalasegehalt zu beschäftigen. Unsere Peroxydaseversuche haben uns nur das eine gelehrt, daß die guajakbläuende Wirkung des Organbreies in überraschend kurzer Zeit beim Stehen an der Luft geschwächt wird, eine Erfahrung, die wir insofern auch bei den Katalaseversuchen verwerteten, als wir stets sorgfältig auf die Einhaltung gleicher Zeiten bei den Parallelversuchen der einzelnen Versuchsreihen achteten und jede Operation (Reizung, Zerreiben, Zusatz von Chloroformwasser, Perhydrol etc., Titrieren) nur mit der Stoppuhr in der Hand vornahmen. Die Wirkung der Katalase wurde quanti-

---

[1] Über die Lichtempfindlichkeit tierischer Oxydasen und über die Beziehung dieser Eigenschaften zu den Erscheinungen des tierischen Phototropismus. Biochem. Zeitschr., X, H. 1 und 2 (1908).

[2] Diese Verhandlungen, CXVIII (1909).

[3] Beitrag zur Kenntnis des Geotropismus. Inauguraldissertation, Dresden 1908.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

tativ durch Bestimmung des Wasserstoffsuperoxyds ermittelt, welches von einer gewissen, genau eingestellten Menge desselben nach der eine bestimmte Zeit hindurch andauernden perhydrolzerstörenden Wirkung des Enzyms zurückgeblieben war.

Die Bestimmung des nach unterbrochener Katalasearbeit zurückgebliebenen Wasserstoffsuperoxyds wurde zunächst in der üblichen Weise mit Kaliumpermanganat in saurer Lösung vorgenommen.

Der in der Achatreibschale ohne Zusatz eines zerreibenden Mediums bereitete Organbrei wurde mit einer bestimmten Menge Chloroformwassers vermischt, über ein möglichst kleines Filter in eine Schüttelflasche filtriert und über dasselbe Filter die abpipettierte Menge Wasserstoffsuperoxyd gegossen. Das verwendete Wasserstoffsuperoxyd war auf $^m/_{50}$ eingestellt und zuerst aus käuflichem geringprozentigen Wasserstoffsuperoxyd, später aus reinem Perhydrol (Merck) bereitet. Nach einer bestimmten Zeit wurde im Filtrat die Arbeit der Katalase durch Zugabe einer bestimmten Menge konzentrierter Schwefelsäure unterbrochen und darauf sofort die Titration vorgenommen. Je nach Bedarf wurde auch das Filtrat in aliquote Teile geteilt und diese in bestimmten Zeitintervallen titriert, um die Wirkungsweise des Fermentes durch eine längere Zeitperiode hindurch verfolgen zu können. Die Permanganatlösung wurde, mit reiner Oxalsäure in der gewöhnlichen Weise eingestellt, in der Stärke $^m/_{500}$ verwendet, beide Lösungen (die Wasserstoffsuperoxyd- und Permanganatlösung) in größeren Quantitäten hergestellt und in angemessenen Zeitintervallen gegeneinander nachgeprüft. Der erste Tropfen, welcher etwa eine halbe Minute bleibende Rosafärbung in der titrierten Lösung verursachte, wurde als Kriterium für Beendigung der Titration genommen. Diesem Verfahren haften insofern Ungenauigkeiten an, als einerseits der Pflanzenpreßsaft von vornherein nicht farblos, sondern mehr weniger gelblich erhalten wird, andrerseits die anfängliche Rosafärbung nach scheinbarer Beendigung der Titration bei energischem Umschütteln verschwindet, nachdem sie mehrere Sekunden angehalten hat, da ja die zahlreichen organischen Komponenten des Saftes die Maßflüssigkeit erst nach und nach reduzieren, so daß bisweilen eine wirklich

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

bleibende Rosafärbung erst nach mehreren Stunden Schüttelns und Weitertitrierens erhalten wird. Es müßte also auf den ersten sichtbaren, durch ganz bestimmte Zeit bleibenden Umschlag gearbeitet werden.

Diese Unsicherheit schien sich durch Verwendung der von A. Jolles[1] gebrauchten Jodkalimethode umgehen zu lassen. Das Wasserstoffsuperoxyd vermag ja aus Jodkalilösungen in salzsaurer Lösung die äquivalente Menge Jod freizumachen, welches dann mit Natriumthiosulfat unter Verwendung von Stärkekleister als Indikator zurücktitriert werden kann. Zu dem mit Chloroformwasser filtrierten Preßsaft, in welchem die Katalase eine bestimmte Zeit auf die zugefügte Perhydrolmenge gewirkt hatte, wurde zur Beendigung der Reaktion konzentrierte Salzsäure, hierauf 10 cm^3 einer zehnprozentigen, jederzeit frisch bereiteten Jodkalilösung hinzugegeben und das ausgeschiedene Jod mit Thiosulfatlösung titriert. Die letztere war in üblicher Weise mit Kaliumbijodat so eingestellt, daß 10 cm^3 der verwendeten Wasserstoffsuperoxydlösung ungefähr so viel Jod aus einer zehnprozentigen Jodkalilösung in Freiheit setzten, daß von demselben etwa 15 cm^3 verbraucht wurden, und wurde von Zeit zu Zeit kontrolliert. Die Jodmenge, welche durch die verwendete Salzsäure infolge des unvermeidlichen Chlorgehaltes allein ausgeschieden wird, wurde ebenfalls festgestellt[2] und bei der Vergleichung der Titerzahlen berücksichtigt. Die verwendeten Büretten waren möglichst eng und gestatteten bequem die Ablesung von $^1/_{20}$ cm^3, die Tropfengröße wurde mit drei Tropfen für $^1/_{10}$ cm^3 bestimmt. Immerhin zeigte auch dieses Verfahren, wiewohl es sicherer gehandhabt werden konnte als das vorige, Unsicherheiten in bezug auf die Präzision des Umschlages, woran die kolloidalen Substanzen des Preßsaftes schuld tragen mögen und die Unannehmlichkeit der anfäng-

[1] Quantitative Bestimmung der Katalasen im Blut. Fortschritte der Medizin, XXII, 1229 (1905).

[2] Dieser Wert, an und für sich sehr unbedeutend (höchstens 0·25 cm^3 unserer Thiosulfatlösung für 10 cm^3 rauchender HCl), fällt übrigens, da die Versuche streng vergleichend durchgeführt wurden, nicht ins Gewicht. Der Fehler haftete gleichmäßig allen Versuchen an, die HCl wurde für alle Versuchsreihen von neuem kontrolliert.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

lichen leichten Gelblichfärbung, was sich besonders störend bemerkbar machte, als behufs ungestörter Katalasearbeit sehr verdünnte ($^1/_{152}$ molare) Perhydrollösungen Verwendung fanden.

Die verwendeten Keimlinge wurden im Glashaus unter Dunkelsturz aufgezogen, die notwendigen Operationen bis zur Durchführung der Titration in der Dunkelkammer bei gelbem, durch eine Schicht von Kaliumbichromat hindurchgegangenen Licht vorgenommen, welches erwiesenermaßen keine heliotropischen Effekte hervorrief, so daß heliotropische Induktion ausgeschaltet war. In der Dunkelkammer wurden also aus der Kultur in der Keimschale die möglichst genau gleichlangen Keimlinge herausgesucht, gemessen, die eine Serie behufs geotropischer Reizung eine bestimmte Zeit in eine mit feuchtem Fließpapier belegte Glasschale ausgelegt, die andere in einer kleinen Achatreibschale zu einem völlig homogenen Brei ohne Verwendung eines zerreibenden Mediums verrieben, mit 5 cm^3 gesättigten Chlorwassers in der Schale digeriert und dann mit der entsprechenden Menge Perhydrollösung über ein kleines Filter in die Schüttelflasche filtriert. Die Digestion mit Chloroformwasser nahm 2 Minuten in Anspruch und wurde ebenso wie die Wirkungsdauer der Katalase nach der Zugabe von Perhydrol mit der Sekundenuhr abgestoppt. Nach einer bestimmten Zeit wurde die Katalasearbeit durch Eingießen von 10 cm^3 konzentrierter Salzsäure zum Stillstand gebracht, 10 cm^3 der Jodkalilösung hinzugefügt und nach einer Minute fortgesetzten Umschüttelns titriert.

Das sofortige Titrieren hatte sich als notwendig erwiesen, da wir beobachten konnten, daß der gelbe Farbenton der Probe mit der Zeit nachdunkelte, also offenbar neben der Katalase, welche ja durch die Salzsäure in ihrer Tätigkeit unterbunden war, noch Stoffe im Extrakt der Reibmasse vorhanden sein mußten, welche diese sukzessive Jodausscheidung (auch bei Lichtabschluß) bewirkten. Über die Stärke dieser Jodausscheidung wurden einige Versuche angestellt, welche dieselbe einerseits zeitlich verfolgten, andrerseits nach Verhinderung der Katalasewirkung durch Salzsäure sicherstellten und schließlich in Parallelproben gleicher Flüssigkeitsvolumina, in deren einem aber das Perhydrol durch Wasser ersetzt war, neben der

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

eigentlichen Katalasewirkung zu studieren gestatteten. Um die Einflußnahme dieser Stoffe praktisch auszuschalten, wurde in der Folge jede Probe sofort titriert. Zur Sicherheit wurde bei jedem Versuch in einer blinden Probe gleichzeitig die verwendete H_2O_2-Menge gegen $KMnO_4$, respektive $Na_2S_2O_3$ eingestellt.

Um die Arbeit der Katalase in bestimmten Zeitintervallen zu verfolgen, wurden zu dem Chloroformwasserextrakt des Pflanzenbreies je 50 cm^3 Perhydrol hinzugefügt und von diesem Filtrat dann in bestimmten Zeitintervallen je 10 cm^3 abpipettiert und hier erst die Katalase durch Säurezusatz vernichtet. Sonst wurde jedesmal nur mit 10 cm^3 der eingestellten Perhydrollösung gearbeitet.[1]

Die Katalase, welche sich bekanntlich eines sehr verbreiteten Vorkommens im Pflanzenreich erfreut, findet sich bei den Keimlingen von *Helianthus annuus*, unserer ausschließlichen Versuchspflanze, in den Kotyledonen, im Hypokotyl und in der Wurzel. Ihr Gehalt oder, genauer gesagt, ihre Wirkung hängt hingegen wesentlich vom jeweiligen Entwicklungszustand der Versuchspflanze ab.

Aus der folgenden Tabelle ist der Verbrauch an $KMnO_4$ nach 5 Minuten langer Wirkung der Katalase bei verschieden langen Keimlingen und sonst annähernd gleichen Verhältnissen angegeben. Es sei noch bemerkt, daß von den verwendeten Keimlingen im Interesse einer bequemeren und genaueren Messung die nutierenden Spitzen knapp unter der Krümmungsstelle abgeschnitten wurden. Vom restierenden Hypokotyl wurden die folgenden 4 *cm* (bei kürzeren Keimlingen 2 *cm* von je zwei Keimlingen) zum Versuche benutzt; die verbrauchte $KMnO_4$-Menge ist somit auf gleiche Längen bezogen.

---

[1] Einzelne genauere methodische Angaben wurden den Tabellen aus unseren Protokollheften in der Rubrik »Anmerkung« fallweise beigefügt. Die Menge des zugesetzten H_2O_2 betrug nicht immer 10 cm^3; der Betrag desselben ist in den Tabellen jedesmal angeführt.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Versuchsnummer	Länge der Keimlinge in Zentimeter	Verbrauchte Menge $KMnO_4$ in Kubikzentimeter
66 *a*	2	2·45
67 *a*	2	2·3
64 *a*	4	4·85
58 *a*	4·8	4·75
60 *a*	5	5·05
61 *a*	5·5	4·55
63 *a*	5·5	5·15
62 *a*	6·3	5·7
65 *a*	7·5	5·6
68 *a*	8·5	6·25
69 *a*	9·5	5·75

Anmerkung. Der Verbrauch an $KMnO_4$ wurde nach 5 Minuten währender Katalasewirkung ermittelt. Dem Chloroformextrakt wurden stets 10 cm^3 H_2O_2 zugesetzt, welche für sich 7·4 cm^3 $KMnO_4$ verbrauchten.

Es verbrauchten somit

2 *cm* lange Keimlinge im Durchschnitt 2·37 cm^3 $KMnO_4$,
4 bis 5·5 *cm* » » » » 4·87 cm^3 »
6 » 9·5 *cm* » » » » 5·82 cm^3 »

Ganz analoge Ergebnisse lieferten auch die mit der JK-Methode durchgeführten Versuche.

Es ergibt sich demnach der Satz, daß die Katalasewirkung mit der absoluten Länge der Keimlinge bedeutend abnimmt. Die gefundenen Zahlen lassen erwarten, daß überhaupt eine Beziehung zwischen Wachstumsintensität und Katalasewirkung vorhanden ist, ohne daß man freilich von einer einfachen Proportionalität sprechen könnte. Tatsächlich fanden wir wiederholt, daß die Katalasewirkung des apikalen Teiles die einer gleichlangen basalen und bereits ausgewachsenen Partie desselben Hypokotyls mehr oder minder übertrifft. Auch ergab sich regelmäßig, daß günstigere Vegetationsbedingungen, insbesondere entsprechende Feuchtigkeit und Temperatur, eine erhöhte Katalasewirkung der betreffenden Extrakte im Gefolge hatten. Daraus ergibt sich in methodischer Beziehung, daß, strenge genommen, nur unmittelbar nach-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

einander durchgeführte Versuche, zu denen stets Material derselben Aussaat benutzt wurde, einen quantitativen Vergleich ermöglichen, während im allgemeinen an verschiedenen Tagen durchgeführte Versuche nicht vergleichbar erscheinen. Die Katalasewirkung hängt demnach nicht bloß von der jeweiligen Länge der benutzten Keimlinge, sondern von ihrem momentanen Wachstumszustand überhaupt ab. Darin liegt aber der schwerste, leider — wenigstens bei unserem Material — kaum zu umgehende Versuchsfehler, der nur durch eine größere Zahl von Versuchsreihen ausgeglichen werden kann.[1]

Was den Verlauf der Katalasewirkung betrifft, so gelangten wir zu einem ähnlichen Ergebnisse wie W. Ostwald. Wir entnehmen zunächst ein derartiges Beispiel unserem Versuchsprotokolle.

Versuch Nr. 71. Zahl der benützten Keimlinge 3: Länge derselben 8 *cm*. Länge der extrahierten Hypokotylteile 5 *cm*. Dem Stengelbrei, dessen Herstellung $^5/_4$ Minuten erforderte, wurden nach dieser Zeit 5 cm^3 Chloroformwasser zugefügt und die Substanz filtriert. Zum Filtrat werden nach weiteren 2 Minuten 50 cm^3 H_2O_2 (5 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 7·2 cm^3 $Na_2S_2O_3$) zugesetzt. Alle 5 Minuten werden je 10 cm^3 abpipettiert, die Katalasewirkung durch 10 cm^3 konzentrierter HCl unterbrochen, 10 cm^3 JK (10%) zugesetzt und sofort titriert.

Zeit [2] in Minuten	Titer
0	14·4
5	9·1
10	7·8
15	6·25
20	5·15
25	4·15

[1] Messungen an markierten Keimlingen ergaben, daß von 50 gleichlangen Keimlingen derselben Aussaat am folgenden Tage nur mehr 18 genau dieselbe Länge erreicht hatten, während die Längen der übrigen innerhalb ziemlich bedeutender Grenzen schwankten. Während der nächsten 24 Stunden hatte auch von diesen 18 Individuen wieder nur ein kleiner Prozentsatz im Wachstum gleichen Schritt gehalten. Der Wachstumszustand in einem bestimmten Zeitpunkt genau gleichlanger Keimlinge ist somit ein sehr variabler.

[2] Vom Beginne der Katalasewirkung an gerechnet.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Es nimmt, wie man sieht, naturgemäß die Quantität der in aufeinander folgenden gleichen Zeiten von der Katalase verarbeiteten H_2O_2-Menge ganz beträchtlich ab. Berechnet man in analoger Weise wie W. Ostwald die Geschwindigkeitskonstanten der Reaktion für aufeinanderfolgende gleiche Zeitintervalle ($K_1 K_2 K_3 \ldots$) nach der Formel $K = \frac{\lg C - \lg C_0}{0 \cdot 4343\, \vartheta}$ unter Annahme einer monomolekularen Reaktion, so ergibt sich eine ziemlich beträchtliche Abnahme von K. So ergab z. B. ein Versuch (Nr. 75) für die ersten drei Intervalle von je 5 Minuten:

$$K_1 = 0 \cdot 0365$$
$$K_2 = 0 \cdot 0267$$
$$K_3 = 0 \cdot 0206.$$

Wir glauben daraus schließen zu sollen, daß die Annahme eines Reaktionsverlaufes nach monomolekularem Schema für die untersuchte Katalasewirkung nicht zutrifft.[1]

Nach diesen wenigen Vorbemerkungen seien unsere Versuche zur Konstatierung etwaiger Differenzen in der Katalasewirkung des Organbreies aus gereizten und ungereizten *Helianthus*-Hypokotylen in Kürze wiedergegeben.

A. Versuche nach der $KMnO_4$-Methode.

Unsere Versuche sollen nachstehend auszugsweise kurz in Form von Tabellen wiedergegeben werden, die kaum einer weiteren Erläuterung bedürfen; es sei nur bemerkt, daß $g - u$ die Differenz im Permanganatverbrauch zwischen gereizten und ungereizten Wurzeln bedeutet. Ist die Differenz positiv, hat also der Brei aus gereizten Wurzeln mehr Permanganat verbraucht, so war die Katalasewirkung mithin eine schwächere und umgekehrt.

[1] Siehe auch Henri, Gesetze der Enzymwirkungen und heterogene Katalyse. Zeitschr. f. Elektrochemie, Bd. XI, p. 790. Vgl. dagegen W. Ostwald, l. c., p. 23. Nach Euler (Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie II, Braunschweig 1909, p. 80) machen sich oft störende Hemmungen der Enzymreaktion durch teilweise Zerstörung der reaktionsbeschleunigenden Enzyme, durch Anhäufungen der Reaktionsprodukte, durch das Substrat etc. geltend, so daß die Reaktionskoeffizienten k der ersten Ordnung mit der Zeit ständig sinken, das Bild der monomolekularen Reaktion verwischend, wie das an derselben Stelle (untere Tabelle auf p. 80) illustriert wird. Ähnliche Verhältnisse mögen vielleicht auch für die von uns untersuchte Katalasewirkung zutreffen.

Tabelle I.

Versuchsnummer	Datum	Zahl der benutzten Keimlinge	Länge der Keimlinge in Zentimeter	Länge der untersuchten Hypokotylteile in Zentimeter	Dauer der Reizung in Minuten	Dauer der Katalasewirkung in Minuten	Verbrauch von $KMnO_4$ in Kubikzentimeter		Differenz $g - u$	Anmerkung[1]
							ungereizt	gereizt		
44	28./VII.	5	5	4	5	5	5·45	5·75	0·30	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 7·60 cm^3 $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, nach 10 Sekunden 10 cm^3 H_2O_2 zugesetzt.
						10	4·05	4·50	0·45	
						15	3·00	3·55	0·55	
						20	2·55	3·00	0·45	
						25	2·10	2·50	0·40	
							Σ 17·15	Σ 19·30	2·15	
45	29./VII.	5	5	4	5	5m 12s	5·00	5·3	0·3	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 7·60 cm^3 $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, nach 15 Sekunden 10 cm^3 H_2O_2 zugesetzt.
						10 12	3·25	4·0	0·75	
						15 12	2·45	3·15	0·70	
						20 12	2·05	2·5	0·45	
						25 12	1·70	2·0	0·30	
							Σ 14·45	Σ 16·95	2·50	
46	29./VII.	5	5	4	5	5	5·05	5·2	0·15	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 7·60 cm^3 $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, nach 15 Sekunden 10 cm^3 H_2O_2 zugesetzt.
						10	3·5	3·75	0·25	
						15	2·6	3·0	0·40	
						20	2·0	2·65	0·65	
						25	1·65	1·75	0·10	
							Σ 14·80	Σ 16·35	1·55	

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

47	29./VII.	5	5	4	5	5	5·3	5·20	—0·1	10 *cm*³ H_2O_2 verbrauchten 7·60 *cm*³ $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, nach 15 Sekunden 10 *cm*³ H_2O_2 zugesetzt.
						10	3·9	3·85	—0·05	
						15	3·0	2·85	—0·15	
						20	2·4	2·35	—0·05	
						25	2·0	1·90	—0·1	
							Σ 16·6	Σ 16·15	—0·45	
48	30./VII.	5	8·5—9	4	5	5	5·6	6·05	0·45	10 *cm*³ H_2O_2 verbrauchten 7·60 *cm*³ $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, sofort 10 *cm*³ H_2O_2 zugesetzt.
						10	4·0	4·8	0·8	
						15	3·05	3·75	0·7	
						20	2·4	3·2	0·8	
						25	2·15	2·5	0·35	
							Σ 17·20	Σ 20·30	3·10	
49	30./VII.	5	8·5—9	4	5	5	6·1	6·20	0·1	10 *cm*³ H_2O_2 verbrauchten 7·60 *cm*³ $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, sofort 10 *cm*³ H_2O_2 zugesetzt.
						10	4·7	5·05	0·35	
						15	3·9	4·15	0·15	
						20	3·25	3·50	0·25	
						25	2·8	2·85	0·05	
							Σ 20·75	Σ 21·75	1·00	
51	30./VII.	5	8·5	4	10	5	6·05	5·95	—0·10	
						10	4·55	4·35	—0·20	
						15	3·60	3·40	—0·20	
						20	2·95	2·75	—0·20	
						25	2·60	2·45	—0·15	
							Σ 19·75	Σ 18·90	—0·85	

[1] Die in der Rubrik »Anmerkung« jeweilig angeführten Versuchsdaten gelten, wo nicht anders bemerkt, auch für die nachfolgenden Versuche.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Versuchsnummer	Datum	Zahl der benutzten Keimlinge	Länge der Keimlinge in Zentimeter	Länge der untersuchten Hypokotylteile in Zentimeter	Dauer der Reizung in Minuten	Dauer der Katalasewirkung in Minuten	Verbrauch von $KMnO_4$ in Kubikzentimeter		Differenz $g - u$	Anmerkung
							ungereizt	gereizt		
52	2./VIII.	10	2·5—3	2	10	$5^1/_2$	2·9	3·1	0·2	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 7·4 cm^3 $KMnO_4$; $2^1/_2$ Minuten zerrieben, sofort H_2O_2 zugesetzt. 10 cm^3 $H_2O_2 = 7·45$ cm^3 $KMnO_4$.
						$10^1/_2$	1·6	1·95	0·35	
						$15^1/_2$	1·2	1·5	0·3	
						$20^1/_2$	0·9	1·1	0·2	
						$25^1/_2$	0·8	0·9	0·1	
							Σ 7·4	Σ 8·55	1·15	
53	2./VIII.	10	2·5—2·8	2	10	$5^1/_2$	3·55	3·40	—0·15	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 7·4 cm^3 $KMnO_4$; $2^1/_2$ Minuten zerrieben, sofort H_2O_2 zugesetzt. 10 cm^3 $H_2O_2 = 7·45$ cm^3 $KMnO_4$.
						$10^1/_2$	2·35	2·35	0·00	
						$15^1/_2$	1·75	1·65	—0·10	
						$20^1/_2$	1·45	1·25	—0·20	
						$25^1/_2$	1·45	1·05	—0·40	
							Σ 10·55	Σ 9·70	—0·85	
54	3./VIII.	7	3·5—4	3	5	5	4·80	4·65	—0·15	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 7·4 cm^3 $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, sofort H_2O_2 zugesetzt.
						10	3·25	2·90	—0·35	
						15	2·40	2·10	—0·30	
						20	1·80	1·65	—0·15	
						25	1·55	1·40	—0·15	
							Σ 13·80	Σ 12·70	—1·10	

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

55	3./VIII.	5	3·5	3	5	5	4·35	4·4	0·05	
						10	2·9	2·9	0·0	
							Σ 7·25	Σ 7·3	0·05	
56	3./VIII.	5	4—4·3	4	5	5	3·1	2·95	—0·15	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 7·4 cm^3 $KMnO_4$; nach 25 Sekunden H_2O_2 zugesetzt, sonst wie oben.
						10	3·05	2·6	—0·45	
							Σ 6·15	Σ 5·55	—0·60	

Wir lassen noch einige Versuche folgen, in denen die Katalasewirkung innerhalb größerer Zwischenräume verfolgt wurde.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Tabelle II.

Versuchsnummer	Datum	Zahl der benutzten Keimlinge	Länge der Keimlinge in Zentimeter	Länge der untersuchten Hypokotyl-teile in Zentimeter	Dauer der Reizung in Minuten	Dauer der Katalase-wirkung in Minuten	Verbrauch von $KMnO_4$ in Kubikzentimeter		Differenz $g - u$	Anmerkung
							ungereizt	gereizt		
39	27./VII.	5	2—3	2	5	6	5·1	5·7	0·6	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 11·7 cm^3 $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, nach 20 Sekunden 10 cm^3 H_2O_2 zugesetzt.
						20	2·8	3·45	0·65	
						40	1·7	1·85	0·15	
						63	1·05	1·00	—0·05	
							Σ 10·65	Σ 12·00	1·35	
42	27./VII.	5	3·5	2	5	5	6·15	5·85	—0·3	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 11·7 cm^3 $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, nach 20 Sekunden 10 cm^3 H_2O_2 zugesetzt.
						22	3·5	3·3	—0·2	
						40	2·2	2·1	—0·1	
						62	1·65	1·4	—0·25	
							Σ 13·50	Σ 12·65	—0·85	
43	28./VII.	5	4·5	4	5	8	5·25	5·1	—0·15	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 7·6 cm^3 $KMnO_4$; 2 Minuten zerrieben, nach 20 Sekunden 10 cm^3 H_2O_2 zugesetzt.
						26	2·4	2·7	0·3	
						46	1·5	1·7	0·2	
						66	1·15	1·25	0·1	
							Σ 10·30	Σ 10·75	0·45	

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Endlich sei noch eine Anzahl von Versuchen angeführt, bei denen nur je ein Keimling zur Verwendung kam. Hier konnte ganz genau auf die gleiche Länge der Vergleichspflanzen Rücksicht genommen werden.

Tabelle III.

Versuchsnummer	Datum	Zahl der benutzten Keimlinge	Länge der Keimlinge in Zentimeter	Länge der untersuchten Hypokotyle in Zentimeter	Dauer der Reizung in Minuten	Dauer der Katalasewirkung in Minuten	Verbrauch von $KMnO_4$ in Kubikzentimeter		Differenz $g - u$	Anmerkung
							ungereizt	gereizt		
57	4./VIII.	1	5	4	5	5	5·45	5·05	—0·4	Zerrieben, dann 5 cm^3 Chloroformwasser und 10 cm^3 H_2O_2 zugesetzt.
58	4./VIII.	1	4·8	4	5	5	4·75	5·40	0·66	5 cm^3 Chloroformwasser allmählich zugesetzt, nach 75 Sekunden H_2O_2.
59	4./VIII.	1	5	4	5	5·10	4·3	4·7	0·4	
60	4./VIII.	1	5	4	5	5	5·05	4·9	—0·15	
61	4./VIII.	1	5·5	4	5	5	4·55	5·4	0·85	H_2O_2 nach 25 Sekunden zugesetzt.
62	4./VIII.	1	6·3	4	5	5·10	5·7	5·0	—0·7	H_2O_2 nach 15 Sekunden zugesetzt.
63	4./VIII.	1	5·5	4	5	5	5·15	4·75	—0·4	
64	4./VIII.	1	4	4	5	5·25	4·85	5·1	0·25	
65	5./VIII.	1	7·5	4	5	5	5·6	5·35	—0·25	H_2O_2 nach 30 Sekunden zugesetzt.
66	5./VIII.	2	2	2	5	5	2·45	2·15	—0·3	H_2O_2 nach 25 Sekunden zugesetzt.
67	5./VIII.	2	2	2	5	5	2·3	2·2	—0·1	

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Stärke des verwendeten H_2O_2 bei allen hier angeführten Versuchen betrug, in $KMnO_4$ ausgedrückt: 10 cm^3 H_2O_2 = 7·4 cm^3 $KMnO_4$.

Betrachten wir zunächst die letzte Tabelle (III), so ergibt sich in allen Fällen eine unbedeutende Differenz, die in vier Fällen positiv, in sieben Fällen negativ ausfiel. Summieren wir die von sämtlichen Keimlingen in allen elf Versuchen verbrauchten $KMnO_4$-Quantitäten, so resultiert für die gereizten Keimlinge 50·00 cm^3, für die ungereizten 50·15 cm^3. Bei dem wechselnden Ergebnisse der Einzelversuche fällt diese geringfügige Differenz, welche für eine Hemmung der Katalasewirkung bei der Reizung sprechen würde, gar nicht ins Gewicht.

Die mit einer größeren Zahl von Keimlingen durchgeführten Versuche (Tabelle I) führten anscheinend zu einem einheitlicheren Ergebnisse; die Differenz ist in sieben Fällen positiv, gegenüber fünf negativen Differenzen, was wieder für eine Hemmung der Katalasewirkung bei geotropischer Reizung sprechen würde. Dazu sind die negativen Differenzen zumeist unbedeutend, die positiven hingegen relativ ansehnlich. Die über längere Zeiten sich erstreckenden Versuche der Tabelle III führten zu keinem klareren Resultate, wurden daher nicht weiter fortgesetzt. Mit Rücksicht auf die unbefriedigende Genauigkeit der Permanganatmethode wagten wir nicht, auf Grund dieser Versuche auf eine Katalasehemmung bei der geotropischen Reizung zu schließen, ohne eine andere, womöglich genauere Methode in Anwendung gebracht zu haben. Wir wandten uns daher der JK-Methode zu.

B. Versuche nach der Jodkalimethode.

Tabelle IV.

Versuchsnummer	Datum	Zahl der benutzten Keimlinge	Länge der Keimlinge in Zentimeter	Länge der untersuchten Hypokotyle in Zentimeter	Dauer der Reizung in Minuten	Dauer der Katalasewirkung in Minuten	Verbrauch an Kubikzentimeter $Na_2S_2O_3$		Differenz $g-u$	Anmerkung
							ungereizt	gereizt		
81	3./XII.	5	5	4	45	$5^1/_2$	3·9	3·45	—0·45	10 cm^3 H_2O_2 verbrauchten 5 cm^3 $Na_2S_2O_3$. Es wurde $1^1/_2$ Minuten zerrieben, nach insgesamt 2 Minuten 50 cm^3 H_2O_2 zugesetzt und sofort nach Unterbrechung der Katalasewirkung vermittels Zusatzes von 10 cm^3 konzentrierter HCl und 10 cm^3 JK titriert. Die verwendeten 10 cm^3 HCl verbrauchten infolge ihres Chlorgehaltes an und für sich 0·25 cm^3 $Na_2S_2O_3$.
						10	3·0	3·0	0·0	
						30	1·7	2·65	0·95	
83	8./I.	5	5·5—6	4	0	10	5·95			10 cm^3 $H_2O_2 = 4·9$ cm^3 $Na_2S_2O_3$. Zugefügt wurden 20 cm^3 H_2O_2.
					10	10		6·85	1·90	
					30	10		5·95	—	
					60	10		5·40	—0·55	

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Versuchsnummer	Datum	Zahl der benutzten Keimlinge	Länge der Keimlinge in Zentimeter	Länge der untersuchten Hypokotyle in Zentimeter	Dauer der Reizung in Minuten	Dauer der Katalasewirkung in Minuten	Verbrauch an Kubikzentimeter $Na_2S_2O_3$ ungereizt	Verbrauch an Kubikzentimeter $Na_2S_2O_3$ gereizt	Differenz $g-u$	Anmerkung
84	8./I.	5	6·5—7	4	0	10	6·35			Dieser und alle späteren Versuche wurden mit reinem Perhydrol (Merck) durchgeführt. Die H_2O_2-Lösung war zirka $^n/_{500}$ eingestellt. Nach 2 Minuten Zerreibens wurden 20 cm^3 H_2O_2 zugesetzt. 10 cm^3 $H_2O_2 = 3·13$ cm^3 $Na_2S_2O_3$.
					10	10		6·4	0·05	
					30	10		7·05	0·70	
					65	10		7·1	0·75	
87	31./I.	5	5—5·3	4	30	10	7·35	6·9	—0·87	
							8·2			
							Mittel 7·77			
88 *b*	18./II.	5	4·7—5	4	30	10	3·7	3·2	—0·5	Nach 2 Minuten Zerreibens wurden 5 cm^3 Chloroformwasser zugesetzt, nach weiteren 25 Sekunden 30 cm^3 H_2O_2.
89 *b*	26./II.	5	6·5—6·75	4	30	10	8·1	8·5	0·4	
90 *a*	5./III.	5	3·7	3	30	10	6·25	8·5	2·25	
90 *b*	5./III.	5	3·5	3	30	10	5·0	5·35	0·35	
91 *a*	7./III.	5	5·2	4	30	10	8·0	8·35	0·35	10 cm^3 $H_2O_2 = 14·75$ cm^3 $Na_2S_2O_3$.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

91 *b*	7./III.	5	5·5	4	30	10	10·95	8·4	—2·55	
96	21./III.	5	5·6	4	30	10	2·0			
							2·4			
							4·75	3·7		
							2·2	2·0		
							Mittel 2·84	2·42	—0·4	
97	22./III.	5	5·5	4	30	10	6·05			
							4·9			
							Mittel 5·48	4·75	—0·73	
99	25./III.	5	5	4	30	10	2·5			
							4·25			
							Mittel 3·38	3·0	—0·38	10 cm^3 H_2O_2 = 14·8 cm^3 $Na_2S_2O_3$.
100	25./III.	5	5	4	30	10	4·2	2·75	—1·45	

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Überblicken wir die Tabelle der mit Hilfe der jedenfalls genaueren JK-Methode durchgeführten Versuche, so zeigt sich, daß die positiven und negativen Differenzen sich das Gleichgewicht halten (9:9), während in zwei Fällen überhaupt keinerlei Differenz zu konstatieren war. Die Unterschiede im Katalasegehalte zwischen gereizten und ungereizten Keimlingen übersteigen nur zweimal eine Titerdifferenz von 2 cm^3, denen allerdings mit Rücksicht auf die verschiedene in Verwendung genommene Konzentration verschiedene absolute Mengen $Na_2S_2O_3$ entsprechen. Selbst in diesem Falle ist jedoch die Differenz in der Katalasewirkung als verschwindend klein zu bezeichnen, wenn man die starke Verdünnung des zur Verwendung gelangten Perhydrols (zirka $^{m}/_{152}$), beziehungsweise $Na_2S_2O_3$ ($^{n}/_{50}$) berücksichtigt. Jedenfalls muß aber betont werden, daß selbst die geringen zur Beobachtung gelangten Differenzen weit über der Fehlergrenze der Methode liegen.

Auch die Möglichkeit einer vorübergehenden Beeinflussung der Katalasewirkung infolge der Reizung wurde in Erwägung gezogen und daher ihre Wirkung nach verschiedenen Zeitintervallen geprüft, ohne zu einheitlicheren Ergebnissen zu gelangen.

Es war naheliegend, dieses schwankende Verhalten im Sinne der relativ geringen Differenzen auf individuelle Schwankungen zurückzuführen. Um deren Größe zu ermitteln, wurden unter möglichst gleichen Umständen und peinlichst genauer Einhaltung der zu den einzelnen Handgriffen erforderlichen Zeiten eine Anzahl Parallelversuche durchgeführt, die in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben sind.

Tabelle V.

Versuchsnummer	Datum	Zahl der benutzten Keimlinge	Länge der Keimlinge in Zentimeter	Länge der untersuchten Hypokotyle in Zentimeter	Dauer der Katalasewirkung in Minuten	Verbrauch an $Na_2S_2O_3$ in Kubikzentimeter	Anmerkung
92	12./III.	5	5·3	4	10	5·5 5·25 5·35 3·75	
93	14./III.	5	5·5	4	10	< 5·35[1] 6·55 4·85	
94 *a*	16./III.	5	8·3	4	10	8·55 8·9 8·2 8·7	10 cm^3 H_2O_2 = 14·75 cm^3 $Na_2S_2O_3$; sonst wie Versuch 87.
94 *b*	16./III.	5	7·3	4	10	6·8 6·45 7·2	
96	21./III.	5	5·6	4	10	2·0 2·4 4·75 (?) 2·2	
97	22./III.	5	5·5	4	10	6·05 4·9	
99	25./III.	5	5	4	10	2·5 4·25	10 cm^3 H_2O_2 = 11·8 cm^3 $Na_2S_2O_3$.

[1] Übertitriert.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Man sieht aus dieser Zusammenstellung ohne weiteres, daß selbst bei anscheinend genau gleichartigen Keimlingen und unter Einhaltung gleicher Versuchsbedingungen die Schwankungen in der Katalasewirkung sich innerhalb derselben Grenzen bewegen wie bei gereizten und ungereizten Keimlingen. Häufig machen sich die individuellen Differenzen in der ersten Dezimale geltend, bisweilen fällt aber ein Wert ganz aus der Reihe heraus.

Es bleibt somit nur die Annahme möglich, daß entweder eine bei der geotropischen Reizung etwa auftretende Differenz in der Katalasewirkung unterhalb der Empfindlichkeitsgrenze der Methode gelegen ist oder — was uns bei der Feinheit der Methode wahrscheinlicher dünkt — daß die geotropische Reizung mit keiner Differenz in der Katalasewirkung verknüpft ist.[1] Es wäre von besonderem Interesse, wenn der Ostwald'sche Befund eines Zusammenhanges zwischen phototropischer Reizung mit der Stärke der Katalasewirkung sich bestätigen ließe; damit wäre ein neuer Unterschied zwischen geotropischem und phototropischem Reizablauf ermittelt.

Unsere bisherigen Bemühungen, chemische Effekte bei geotropischer Reizung festzustellen, haben somit durchaus zu negativen Erfolgen geführt; wir konnten uns ebensowenig von einer Zunahme der reduzierenden Substanzen im Sinne Czapek's überzeugen, noch gelang es, eine Differenz in der Katalasewirkung festzustellen. Nichtsdestoweniger haben wir bei der Wichtigkeit des Gegenstandes die Absicht, diese zeitraubenden und mühevollen Versuche fortzusetzen. Da wir nunmehr infolge räumlicher Trennung an gemeinschaftlicher Arbeit gehindert sind, gedenkt der eine von uns die Czapek'schen Antifermentversuche neuerdings aufzunehmen, während der andere zunächst den Versuch unternehmen soll, etwaige physikalische Änderungen in der Zelle im Zusammenhange mit dem geotropischen Reizvorgange zu ermitteln.

[1] Wir sind der Meinung, daß trotz der konstatierten großen individuellen Schwankungen bei der großen Zahl der durchgeführten Versuchsreihen (102, je eine größere Anzahl von Einzelversuchen umfassend) eine Gesetzmäßigkeit hätte aufgedeckt werden müssen, wenn eine gleichsinnige Differenz im Katalasegehalt gereizter und ungereizter Organe vorhanden wäre.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zusammenfassung.

Die Bemühungen, einen Unterschied in der Acidität des Zellsaftes von Wurzelspitzen geotropisch gereizter und ungereizter Lupinen festzustellen, lieferten ein negatives Resultat; es konnte auch keine Differenz im H-Ionengehalt der betreffenden Lösungen mittels der sehr empfindlichen Indikatorenmethode von Friedenthal konstatiert werden.

Es wurden dann, anschließend an Wolfgang Ostwald's Versuche, welcher auffällige Differenzen im Katalase- und Peroxydasegehalt bei phototropisch gereizten und ungereizten Tieren gefunden haben will, solche vergleichende Versuche in großer Zahl an den Hypokotylen von *Helianthus* vorgenommen. Die Peroxydaseversuche, welche sehr wechselnde Ergebnisse lieferten, lehrten uns, daß die guajakbläuende Wirkung des Organbreies in überraschend kurzer Zeit beim Stehen an der Luft geschwächt wird.

Die Wirkung der Katalase hängt wesentlich vom jeweiligen Entwicklungszustand der Versuchspflanze ab. Mit der absoluten Länge der Keimlinge nimmt sie für gleichlange Stengelteile bedeutend ab. Die im Wachstum begriffenen Stengelteile weisen die stärkste Katalasewirkung auf, deren Grad in den Hypokotylen von *Helianthus* von der Spitze gegen die Basis zu sich verringert. Es scheint überhaupt eine Beziehung zwischen Wachstumsintensität und Katalasewirkung zu existieren; günstigere Vegetationsbedingungen, wie entsprechende Feuchtigkeit und Temperatur, haben eine erhöhte Katalasewirkung der betreffenden Extrakte im Gefolge.

Die Wirkung der Katalase und damit die Quantität des in aufeinanderfolgenden gleichen Zeiten von der Katalase verarbeiteten Wasserstoffsuperoxyds nimmt innerhalb der betreffenden Zeiten beträchtlich ab. Nach den angestellten Berechnungen trifft die Wolgang Ostwald'sche Annahme eines Reaktionsverlaufes nach monomolekularem Schema für die von uns untersuchte Katalasewirkung wenigstens scheinbar nicht zu.

Die geotropische Reizung bedingt keine Differenz in der Katalasewirkung. Selbst bei anscheinend genau gleichartigen, ungereizten Keimlingen und unter Einhaltung peinlich

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

gleicher Versuchsbedingungen bewegten sich die Schwankungen in der Katalasewirkung innerhalb derselben Grenzen wie zwischen gereizten und ungereizten Individuen. Bei der überaus großen Anzahl der durchgeführten Versuche hätte wohl eine gesetzmäßige Differenz in der Katalasewirkung geotropisch gereizter und ungereizter Organe, wenn eine solche bestünde, trotz der großen individuellen Schwankungen aufgedeckt werden müssen. Wenn sich der Ostwald'sche Befund eines Zusammenhanges zwischen phototropischer Reizung und Katalasewirkung bestätigt, wäre damit ein neuer Unterschied zwischen geotropischem und phototropischem Reizablauf ermittelt.